



# Φωνητική-Φωνολογία

Κατερίνα Νικολαΐδου

Τομέας Θεωρητικής και Εφαρμοσμένης Γλωσσολογίας

Τμήμα Αγγλικής

ΑΠΘ

[knicol@enl.auth.gr](mailto:knicol@enl.auth.gr)



# Ακουστική Φωνητική

- η επιστημονική μελέτη του ήχου και πώς τον ακούμε
- εστιάζει:
  - στις φυσικές ιδιότητες των ήχων της ομιλίας
  - στις γλωσσολογικά σχετικές ακουστικές ιδιότητες των ήχων της ομιλίας



# Απεικόνιση ήχου

- Κυματομορφή
- Φάσμα
- Φασματογράφημα

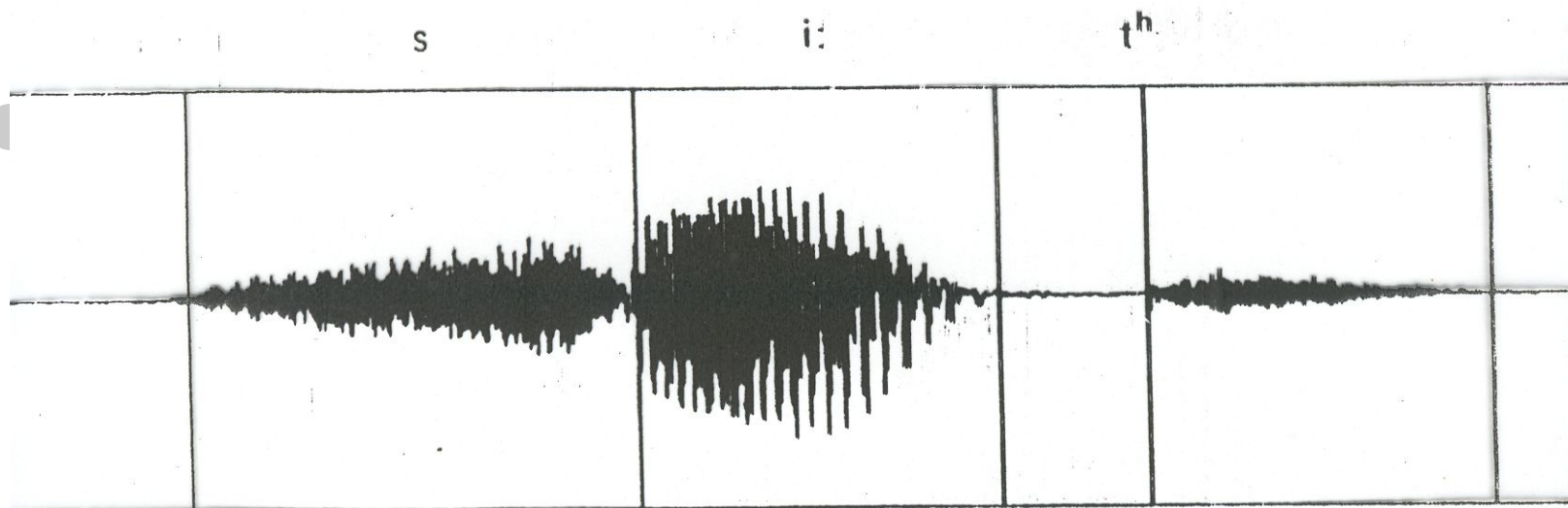
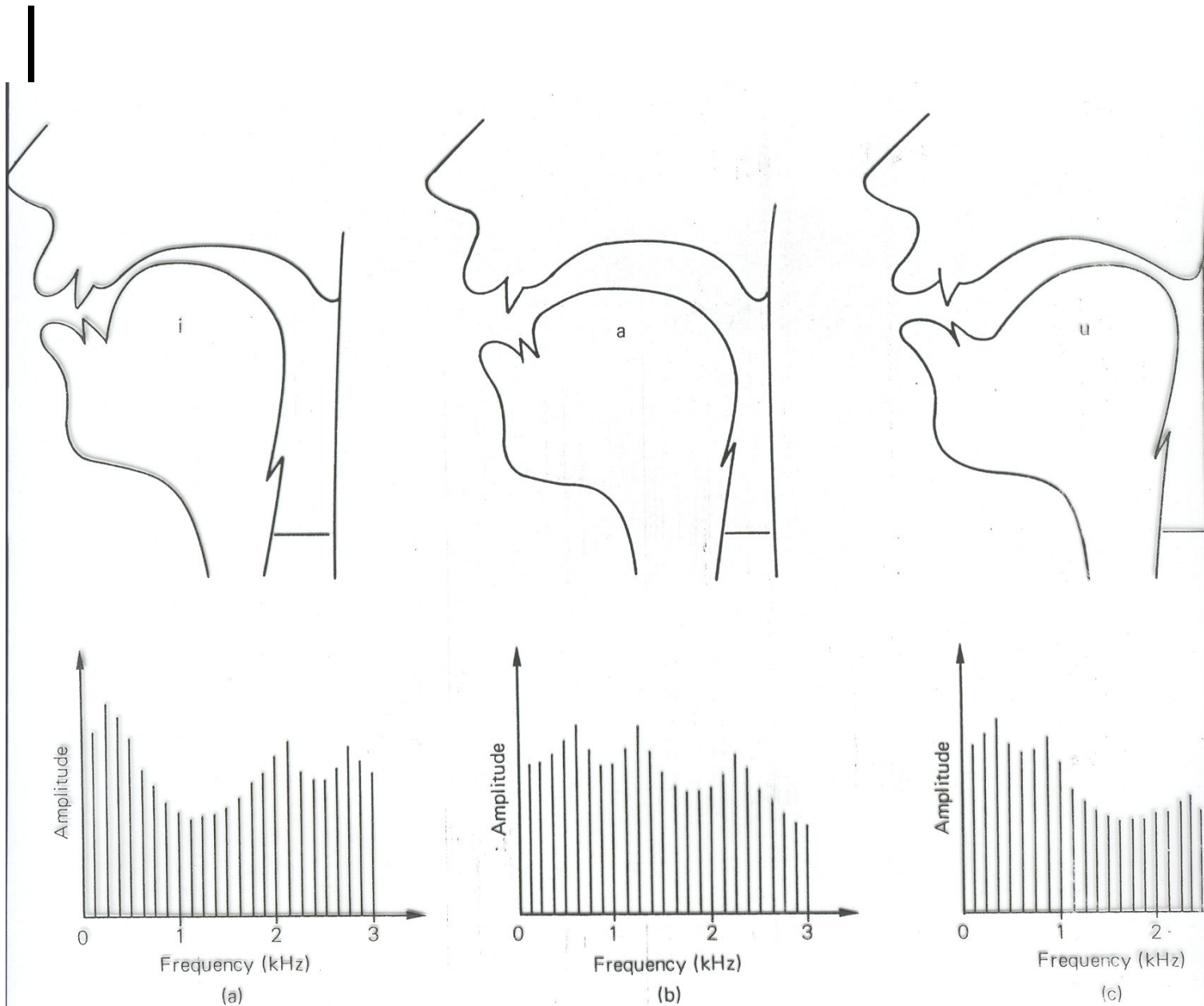


FIGURE 7.7.1 Segmentation of the waveform for /si:t/ (*seat*)

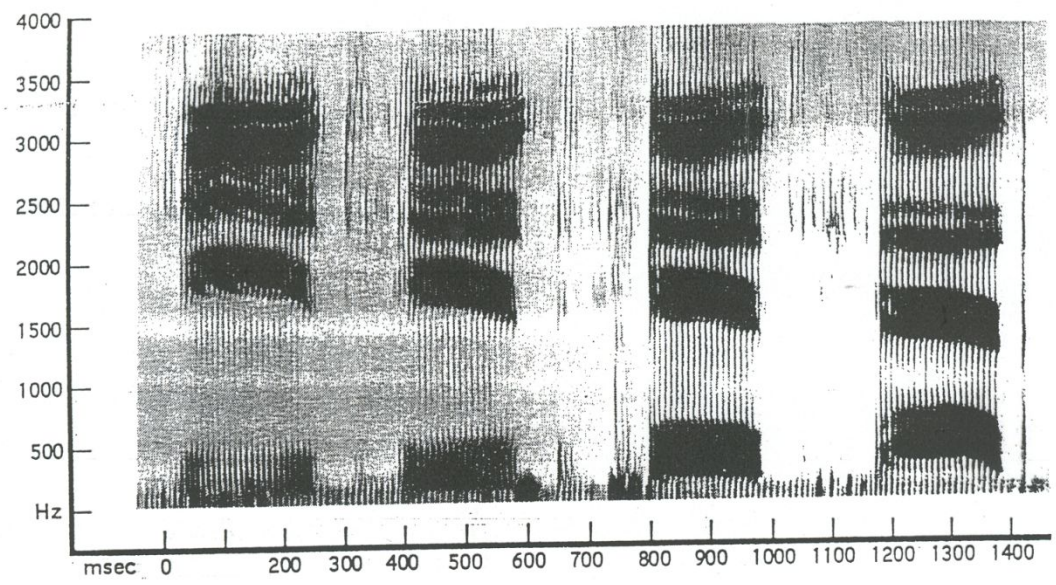


juice

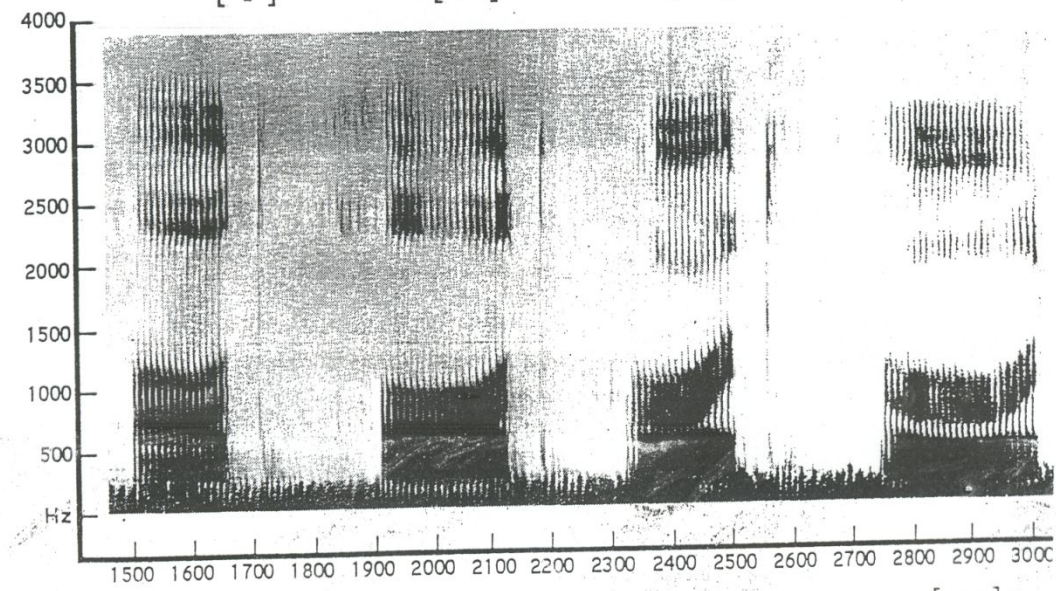
(a)



13.6 Vocal tract configurations and spectra for the vowels (a) [i]: (b) [a]: (c) [u]



[ i ]                      [ ɪ ]                      [ ɛ ]                      [ æ ]



[ ɔ ]                      [ ə ]                      [ ʊ ]                      [ u ]



# Παραγωγή ήχου

χρειάζεται

- δόνηση
- μέσο μετάδοσης
  
- Ο ήχος είναι αποτέλεσμα δόνησης η δημιουργία του οποίου εξαρτάται από κάποια πηγή ενέργειας

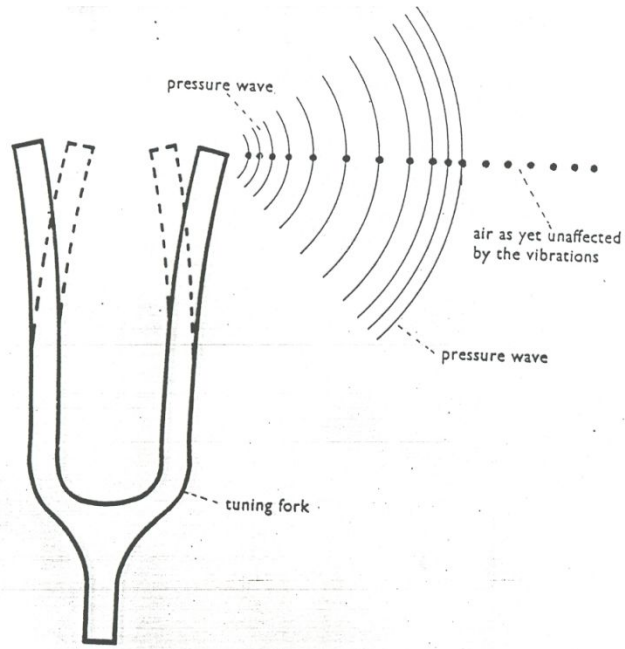
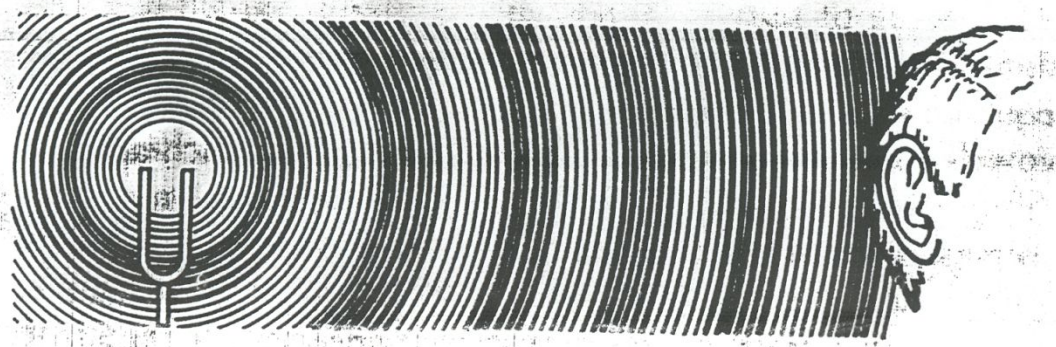


FIG. 1.2. Diagrammatic representation of fluctuations in air pressure caused by a vibrating tuning fork.







# ' Ηχος

## Source and Filter model

- Δημιουργία από κάποια πηγή: sound generation
- Μορφοποίηση- φιλτράρισμα: sound shaping (or filtering)



# Δημιουργία ήχου

- ▣ **Πηγή:** σώματα που δονούνται : π.χ. διαπασών
- ▣ **Συντονισμός:** ένα σώμα αρχίζει να δονείται ως αποτέλεσμα των δονήσεων άλλου σώματος
- ▣ Η φωνητική οδός δρα ως συντονιστής (resonator)

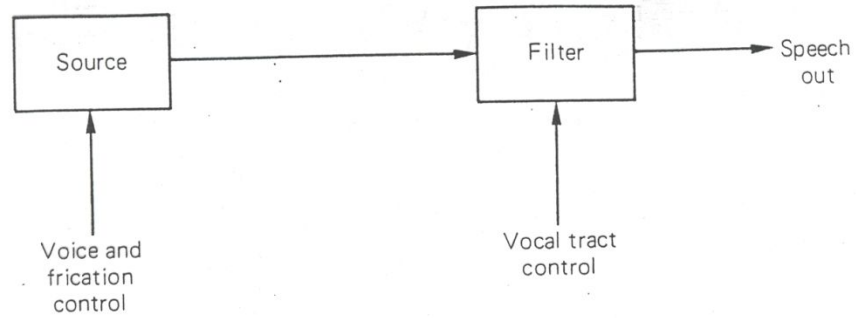


FIGURE 7.10.1 Source and filter model of speech production

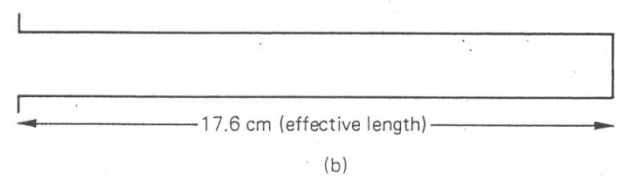
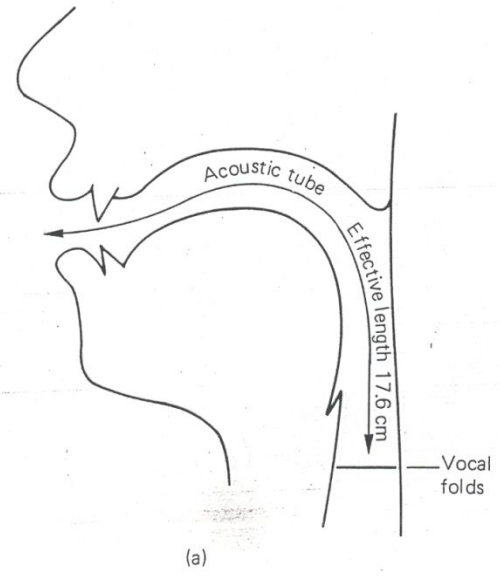


FIGURE 7.13.1 Resonator configuration for the central vowel [ɜ]: (a) actual vocal tract; (b) simple tube equivalent to (a)



# Πηγή

- Δημιουργία ήχου
- Κύρια πηγή είναι η δόνηση στο λάρυγγα
- Φιλτράρισμα: στενώσεις (από χείλια, γλώσσα, υπερωικό σύστημα) αλλάζουν το μήκος και το σχήμα (όγκο) της οδού
- Οι αλλαγές ενισχύουν ή μειώνουν τις συχνότητες της πηγής
- Επίδειξη από το Exploratorium, San Francisco.

[http://www.exploratorium.edu/exhibits/vocal\\_vowels/vocal\\_vowels.html](http://www.exploratorium.edu/exhibits/vocal_vowels/vocal_vowels.html)

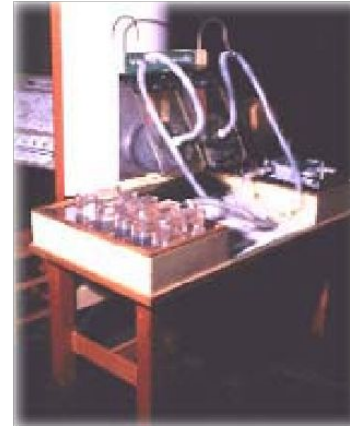
# Παραγωγή φωνηέντων





# VOCAL VOWELS

Hollow plastic models of the human vocal tract turn the squawk of a duck call into vowel sounds.



Note: All of the sounds below are in AIFF format.

## To Do and Notice

Here is the sound source. It's really a re-packaged duck call! Notice the reed above the curved wooden surface. Air blows past the reed (from right to left) causing it to vibrate and produce a buzzing sound.


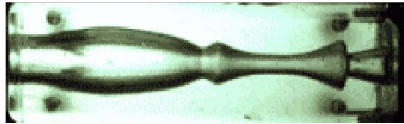
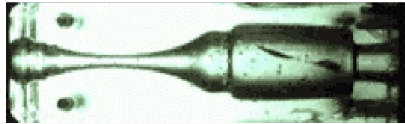


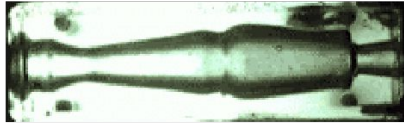
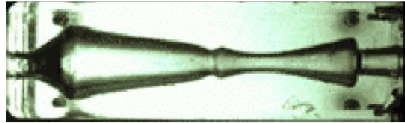





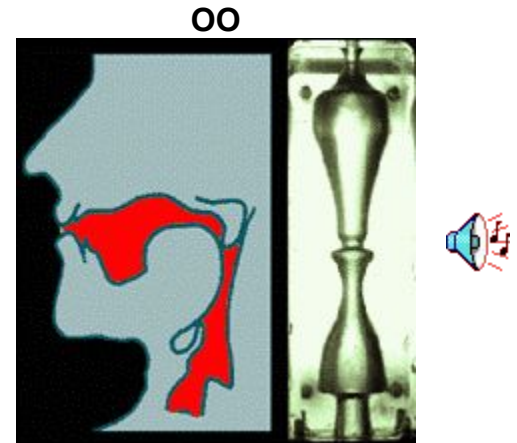
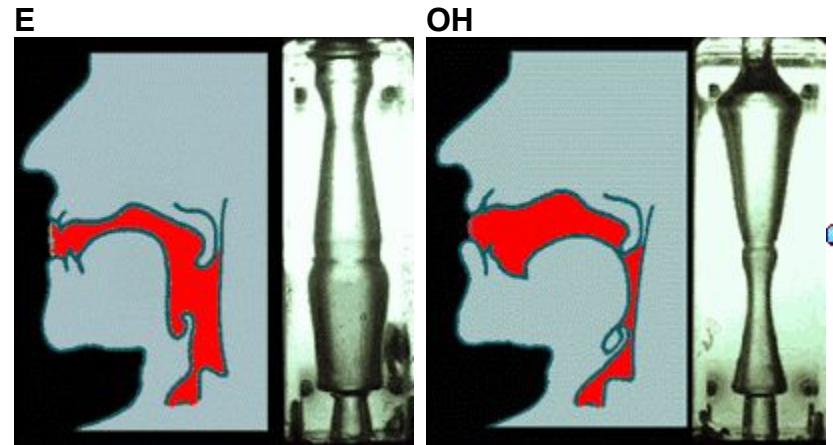
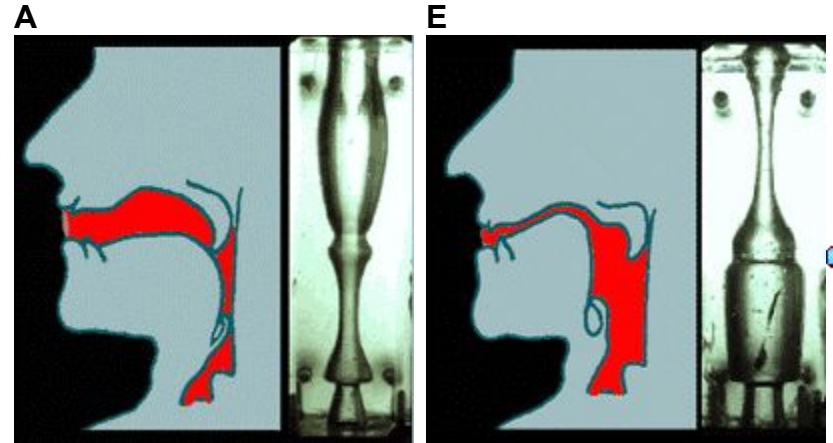
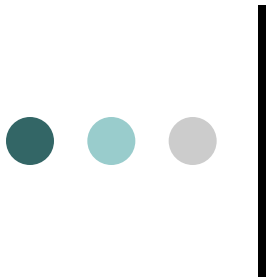
Click on the picture above.

The sound you hear is made by the reed as it vibrates.



Click on the following resonant chambers below. You'll hear what the duck call sounds like played through each chamber. Compare the sounds. The duck call is attached to the right side of each plastic chamber.

	<b>AH</b> 	<b>EE</b> 	
	<b>EH</b> 	<b>OH</b> 	
	<b>OO</b> 		



Compare the shapes inside these models with the pictures shown below. Each picture shows the shape of your vocal tract when you say a different vowel. We've reproduced the plastic models next to the diagram for your convenience. Note that while the plastic models are straight, the vocal tract is bent almost 90 degrees in the middle.



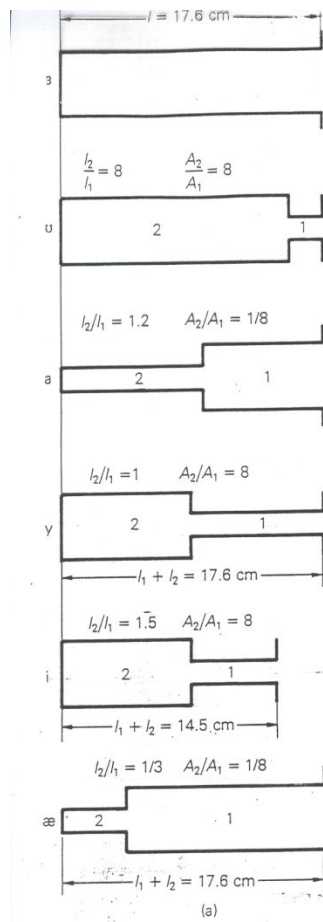


FIGURE 7.13.5 Two-tube resonators

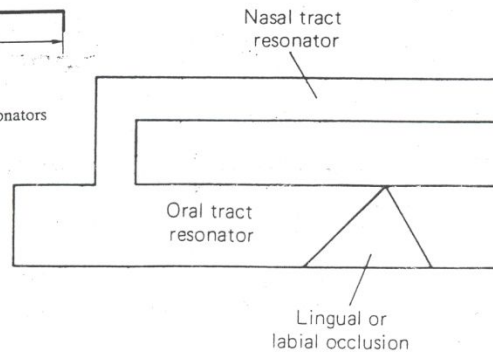


FIGURE 7.16.4 Model of nasal consonant resonator system



# Ήχος

- Πηγή: δονούμενο σώμα
- Απεικόνιση: Κυματομορφή

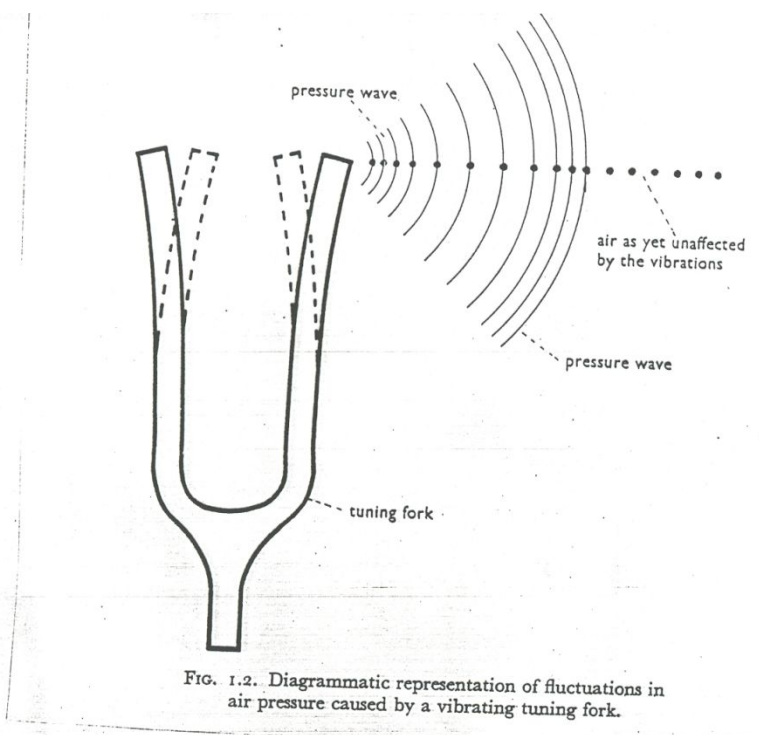
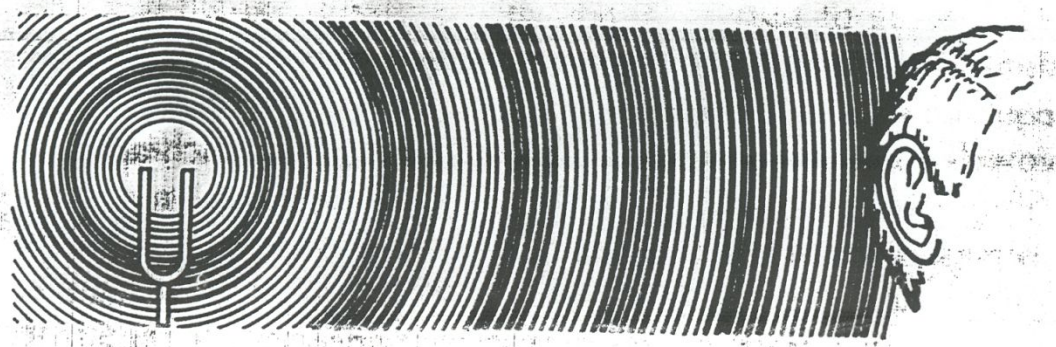


FIG. 1.2. Diagrammatic representation of fluctuations in air pressure caused by a vibrating tuning fork.



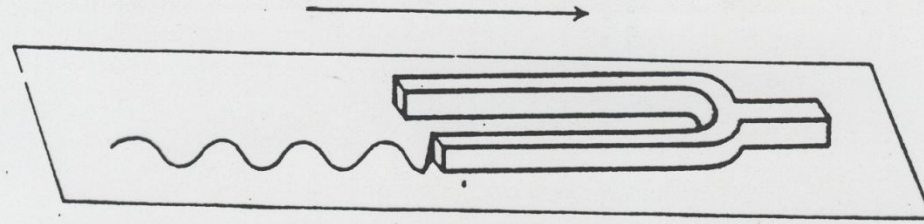


FIG. 1.6. A tuning fork being moved over a sheet of paper showing the vibrations of one of the prongs (much exaggerated).

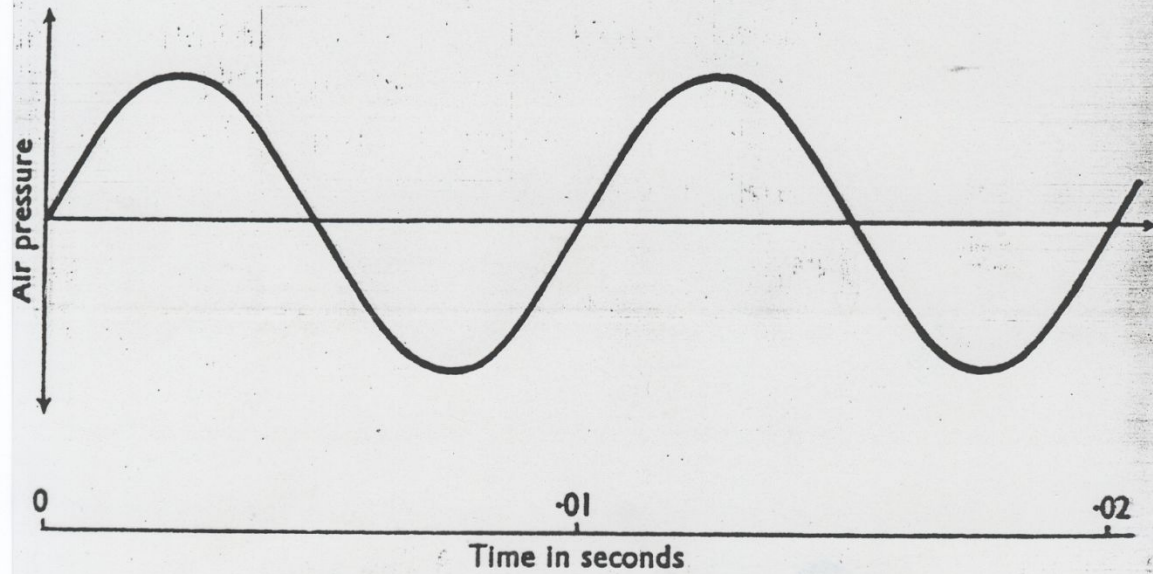


FIG. 1.5. The variations in air pressure during the sounding of a tuning fork.



# Κυματομορφή

- Αλλαγή στην πίεση του αέρα
- κυματομορφή: δόνηση η οποία απεικονίζεται σε γράφημα
  - χρόνος: οριζόντιος άξονας
  - Πίεση αέρα: κάθετος άξονας



# Ηχητικά Κύματα

- ▣ **περιοδικά:** κυκλικά, επαναλαμβανόμενο μοτίβο
  - Απλά
  - σύνθετα
- ▣ Η συχνότητα επανάληψης ονομάζεται θεμελιώδης συχνότητα (***fundamental frequency (f<sub>0</sub>)***)



# Ηχητικά κύματα

- ▣ **Κύκλος**: ολοκληρωμένη μεταβολή της πίεσης του αέρα
- ▣ ***Sinusoidal vibration*** (sine wave): απλή αρμονική κίνηση
- ▣ ***Complex vibration*** (complex wave): σύνθετη κίνηση, αποτελείται από το συνδυασμό 2 ή περισσότερων απλών αρμονικών δονήσεων

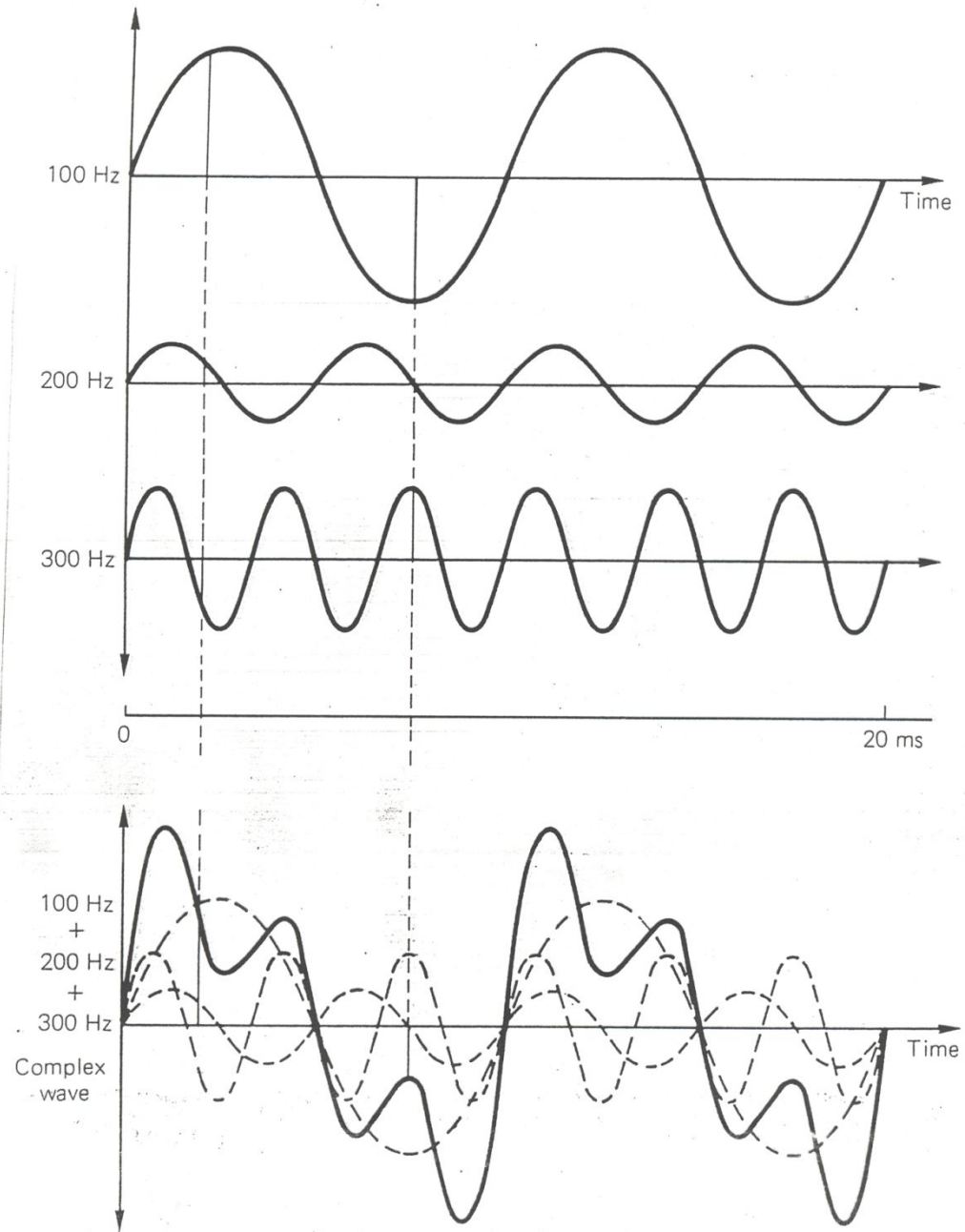
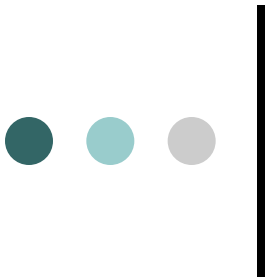


FIGURE 7.4.1 Complex wave with three sinusoidal components (100 Hz, 200 Hz, 300 Hz)





# Ηχητικά κύματα

- ▣ **Θεμελιώδης συχνότητα:** χαμηλότερη συχνότητα των αρμονικών που συνθέτουν το σύνθετο κύμα
- ▣ **Αρμονικές:** επιπλέον τόνοι, Πολλαπλάσια της θεμελιώδους



# Ηχητικά κύματα

▣ **Μη περιοδικά:** δεν έχουν επαναλαμβανόμενα μοτίβα

- **Συνεχή μη περιοδικά :** θόρυβος, , αλλαγή της πίεσης του αέρα είναι τυχαία, δεν υπάρχει επαναλαμβανόμενο μοτίβο, ο ήχος μπορεί να συνεχιστεί για κάποιο διάστημα (π.χ. άηχα τριβόμενα)
- **Παροδικά-Transient:** σύντομη διάρκεια, η κίνηση τελειώνει πολύ γρήγορα, δεν υπάρχει επαναλαμβανόμενο μοτίβο (π.χ. απελευθέρωση έκκροτων)

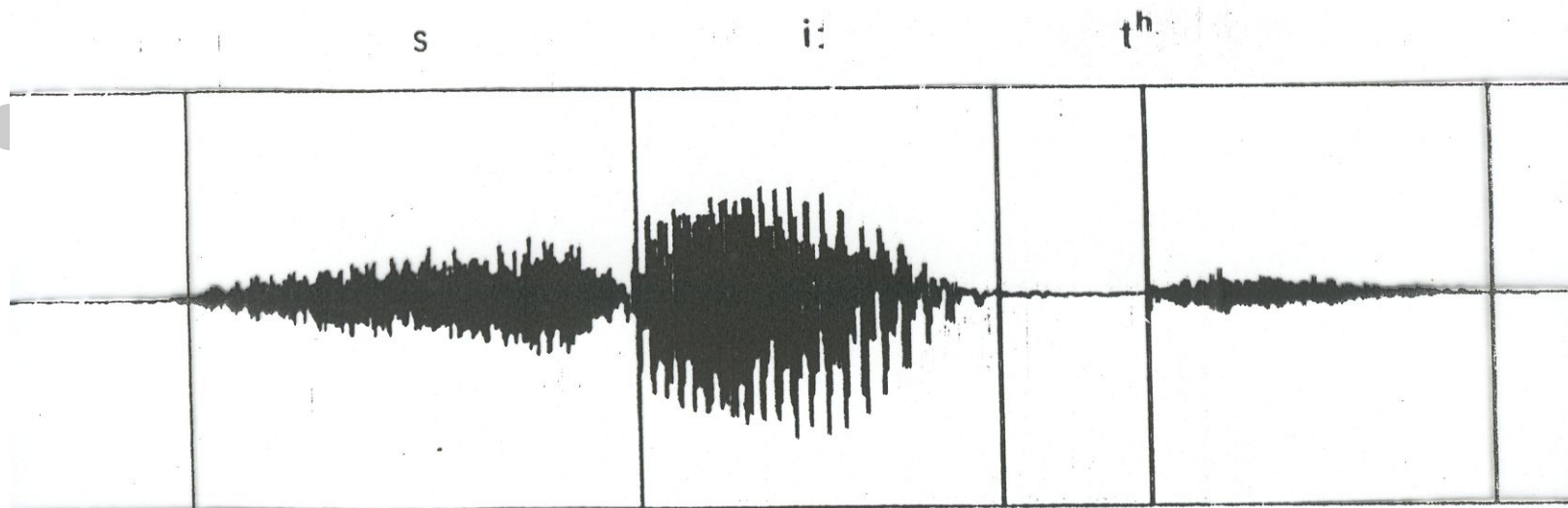
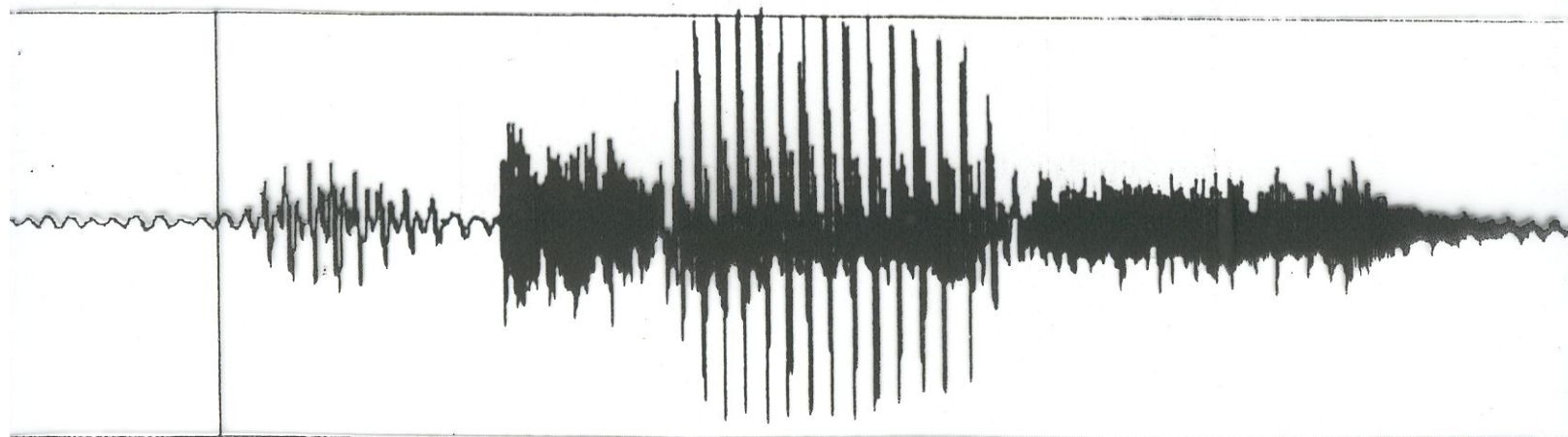


FIGURE 7.7.1 Segmentation of the waveform for /si:t/ (*seat*)



juice

(a)



# Ηχητικά κύματα

Η δόνηση μεταβάλλεται:

▣ ***Εύρος - Amplitude***: εύρος της μέγιστης μεταβολής της πίεσης του αέρα

- Σχετίζεται με την ένταση: μεγαλύτερο εύρος = πιο δυνατός ήχος
- ένταση: μονάδα μέτρησης= decibels (dB)



# Ηχητικά κύματα

- ▣ **Συχνότητα:** συχνότητα με την οποία εμφανίζονται οι κύκλοι
  - Μονάδα μέτρησης Hertz (Hz): αριθμός κύκλων το δευτερόλεπτο, π.χ. 5 Hz = 5 κύκλοι το δευτερόλεπτο
  - Εύρος συχνοτήτων που αντιλαμβάνονται οι άνθρωποι: 20-20,000 Hz
  - Η συχνότητα σχετίζεται με το τονικό ύψος (pitch): υψηλή συχνότητα (high frequency) = υψηλό τονικό ύψος (high pitch)
- ▣ **Ποιότητα:** διαφορές στην σύνθεση της μορφής του κύματος
  - Επηρεάζεται από το μέγεθος, το σχήμα και το υλικό του σώματος που δημιουργεί τον ήχο



# Διαμορφωτές

- Συχνότητες συντονισμού της φωνητικής οδού
- (Resonant frequencies of the vocal tract: ***formant frequencies***)



# Φάσμα: Spectrum

- Διάγραμμα που απεικονίζει τη συχνότητα (άξονας  $x$  σε σχέση με την σχετική ένταση (άξονας  $y$ )
- Σημαντικό γιατί μπορούμε να δούμε την εσωτερική δομή των σύνθετων κυμάτων
- Εύκολο να συγκρίνεις ήχους
- Σχετίζεται με την ανάλυση που κάνει το ακουστικό μας σύστημα

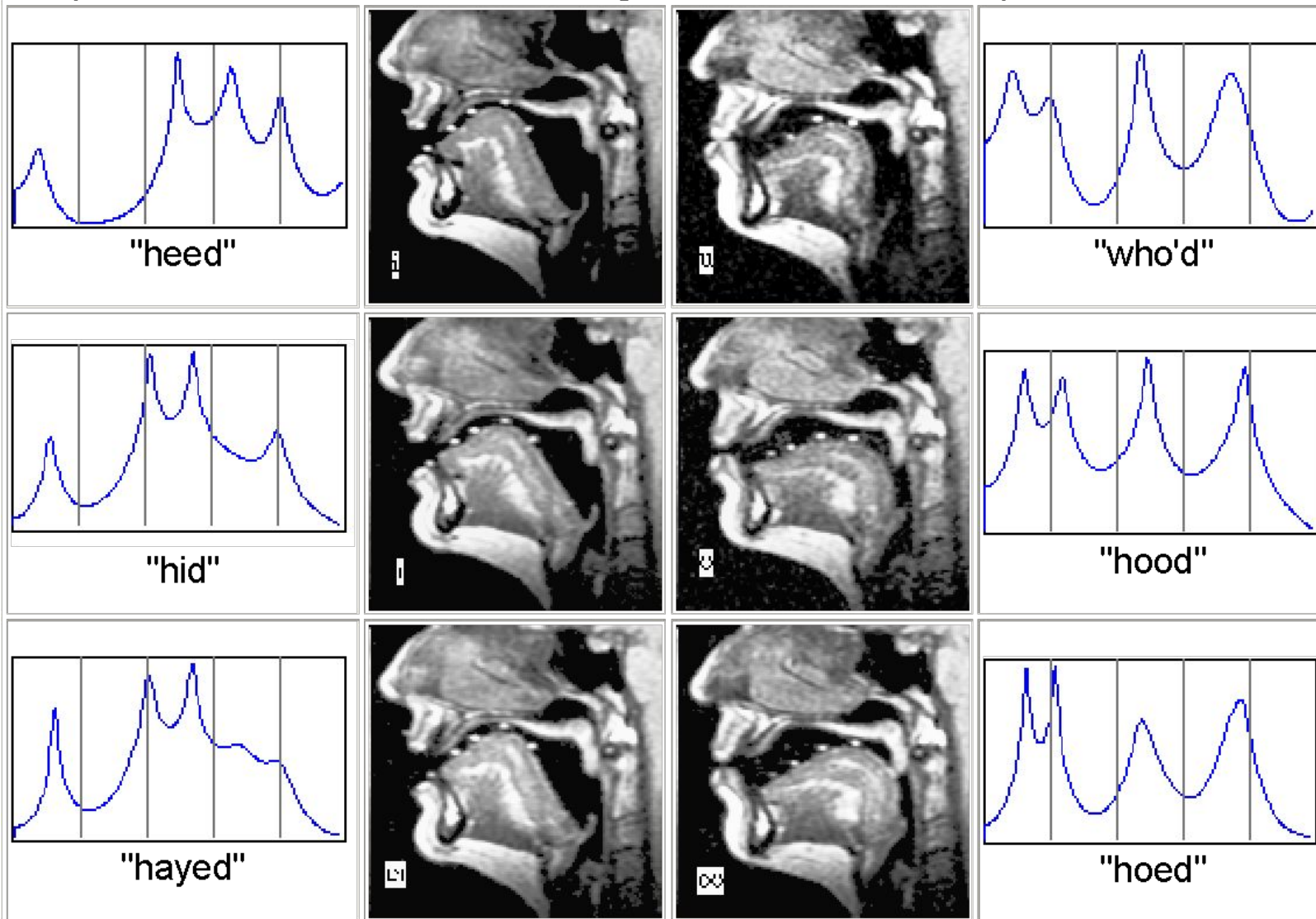


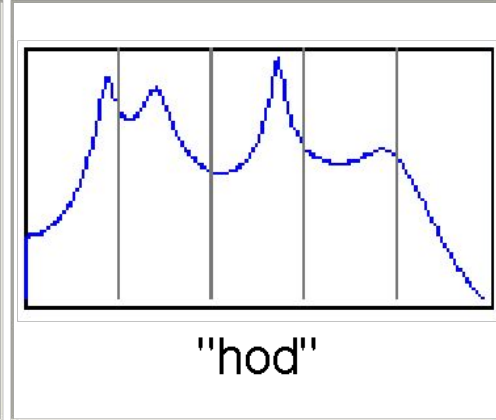
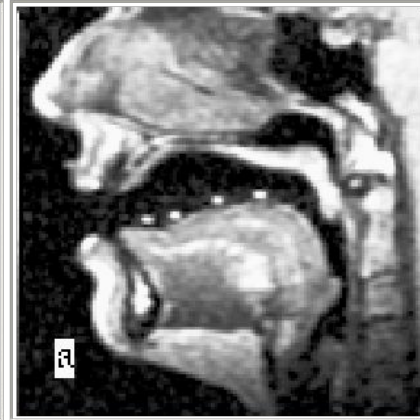
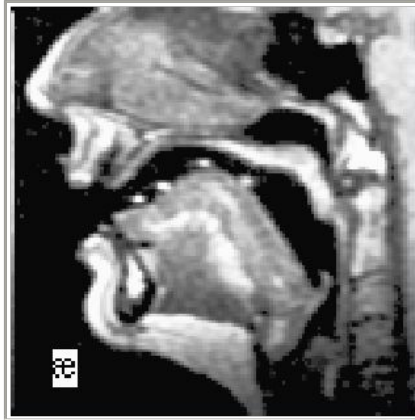
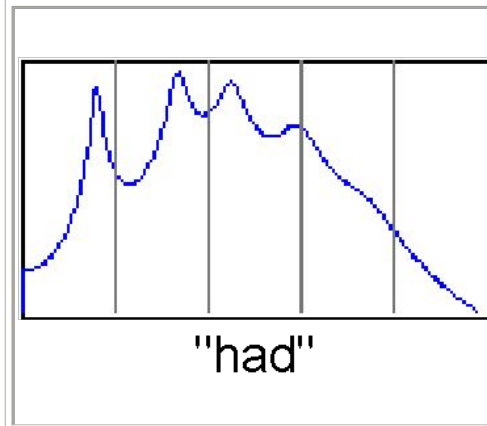
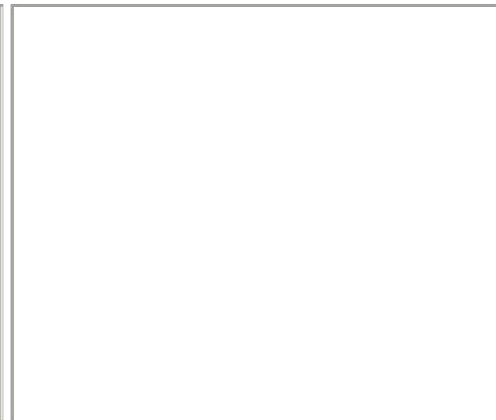
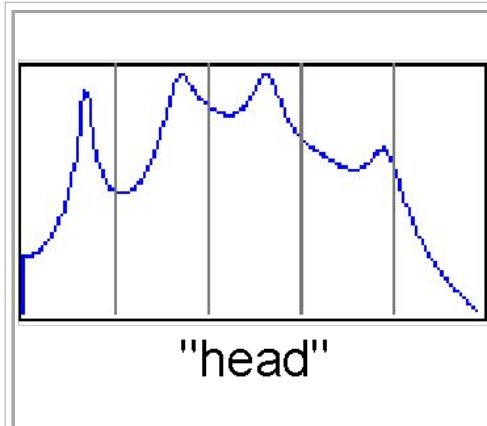
# Φάσμα

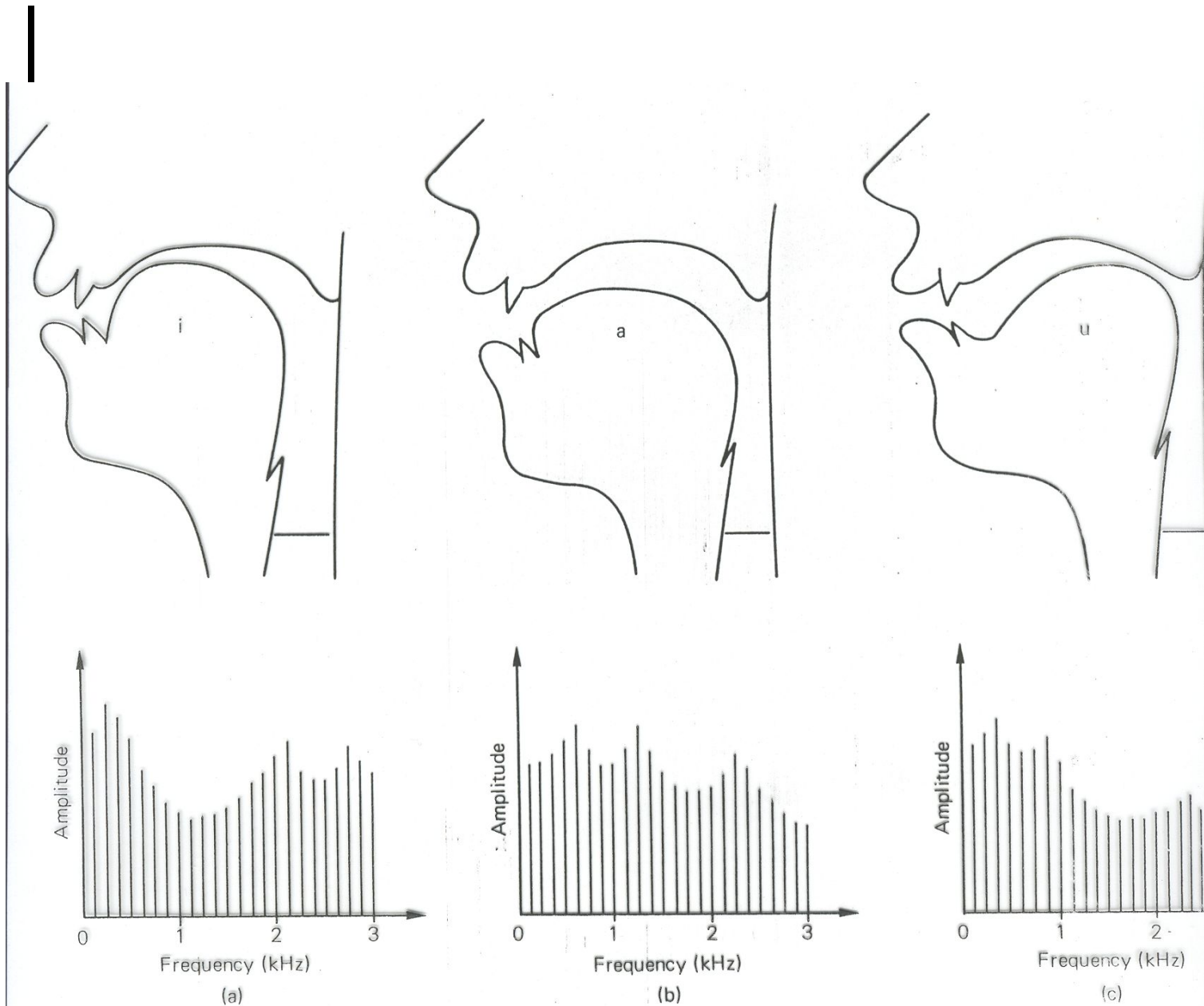
- ▣ **FFT**: Fast Fourier Transform:  
χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό  
του φάσματος
- ▣ **LPC**: linear predictive coding:  
χρησιμοποιείται για να υπολογίσει το  
φίλτρο από την εξαγόμενη ομιλία



Graphs show filter functions. Vertical grid lines are 1000 Hz apart.





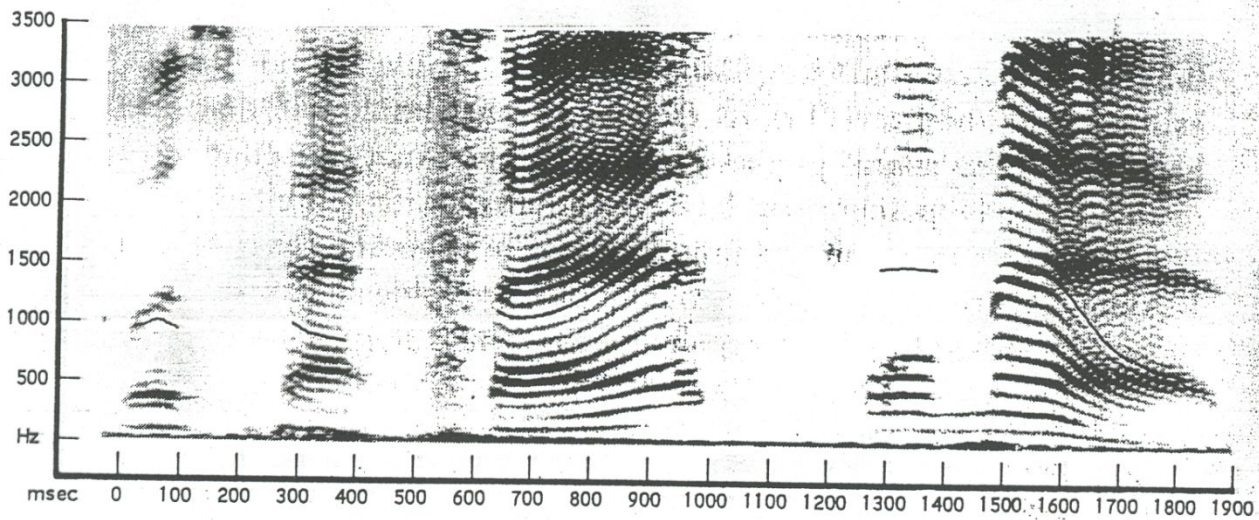
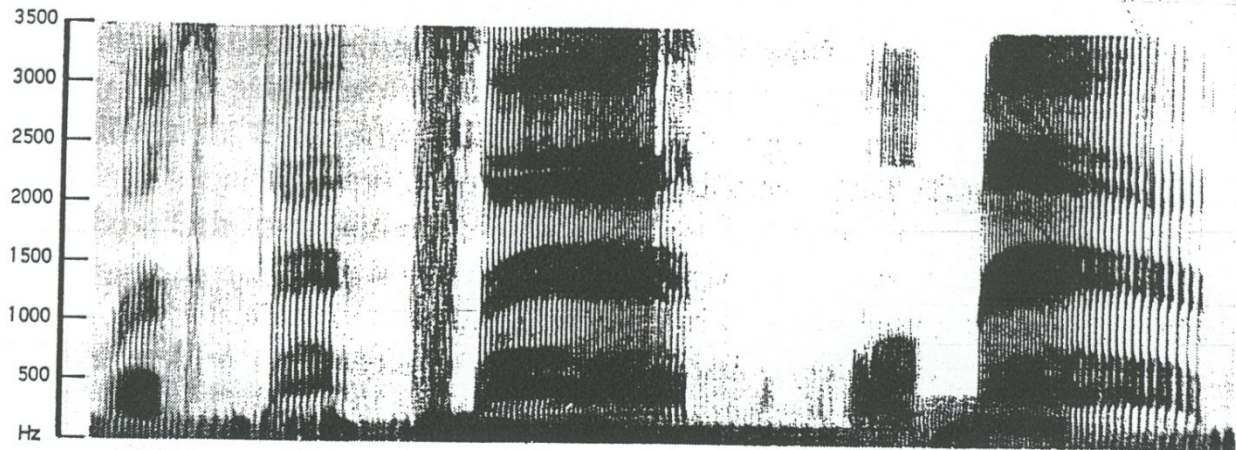


13.6 Vocal tract configurations and spectra for the vowels (a) [i]: (b) [a]: (c) [u]



# Φασματογράφημα

- Το φάσμα μπορεί να απεικονιστεί στο χρόνο = φασματογραφήμα (*sound spectrogram*)
  - ✓ Οριζόντιος άξονας: χρόνος
  - ✓ Κάθετος άξονας: συχνότητα
  - ✓ Φωτεινότητα: ένταση (σκούρες περιοχές μεγαλύτερη ένταση)
- Διαμορφωτές: κορυφώσεις ενέργειας
- Συχνότητες διαμορφωτών καθορίζονται από το μέγεθος και το σχήμα της φωνητικής οδού
- Διαμορφωτές: μαύρες μπάρες

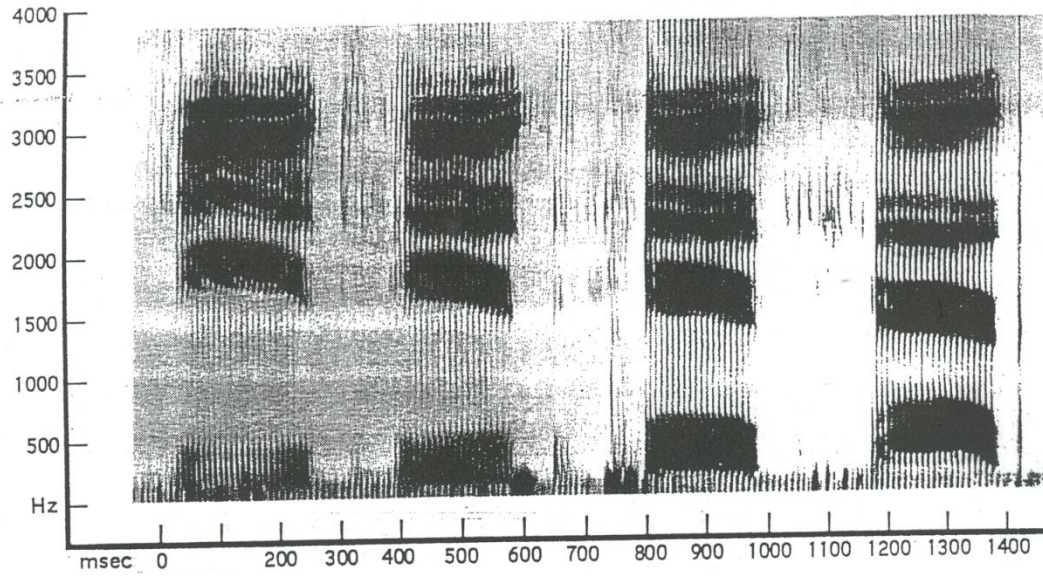


**Figure 8.17** *Wide-band (upper part of the figure) and narrow-band (lower part) spectrogram of the question "Is Pat sad, or mad?" A line has been drawn through the tenth harmonic in the narrow band spectrogram.*



# Διαμορφωτές

- F1: χαμηλότερη συχνότητα συντονισμού
- F2: η επόμενη ψηλότερη συχνότητα συντονισμού, κτλ.
- ▣ **F1:** αντιστρόφως ανάλογη του ύψους της γλώσσας,
  - i.e. χαμηλό f1 = υψηλό φωνήεν, υψηλό f1 = χαμηλό φωνήεν
- ▣ **F2:** σχετίζεται με τη θέση της γλώσσας στον οριζόντιο άξονα (μπροστά – πίσω στη στοματική κοιλότητα)
  - i.e. Υψηλό f2 = εμπρόσθια φωνήεντα
- ▣ η απόσταση μεταξύ f1 και f2 σχετίζεται με το πόσο οπίσθια είναι η άρθρωση,
  - είναι μεγαλύτερη για τα εμπρόσθια φωνήεντα

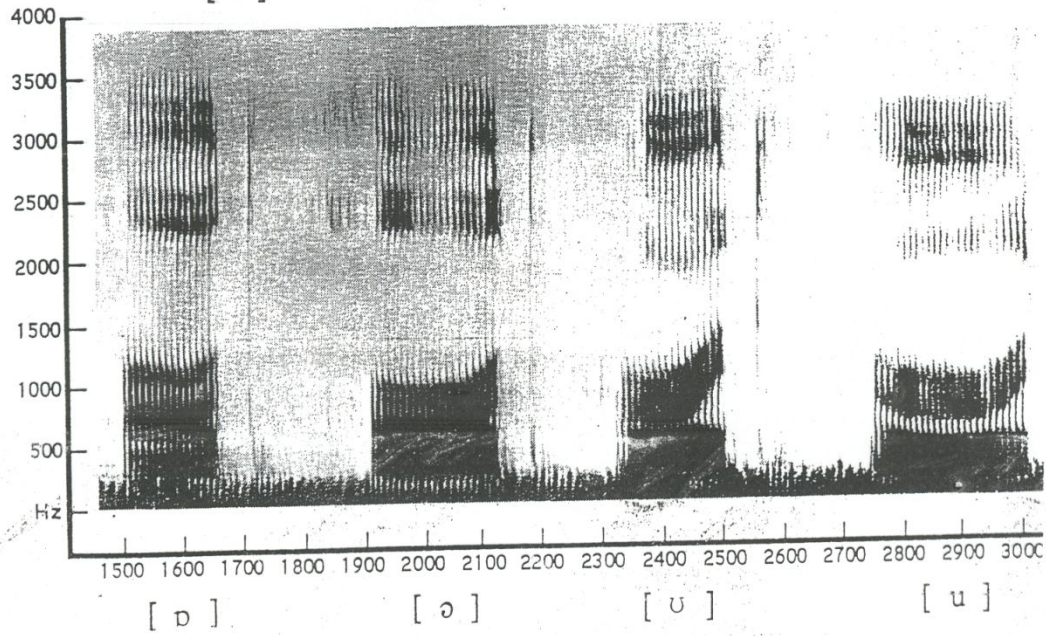


[ i ]

[ ɪ ]

[ ɛ ]

[ æ ]



[ ɔ ]

[ ə ]

[ ʊ ]

[ u ]

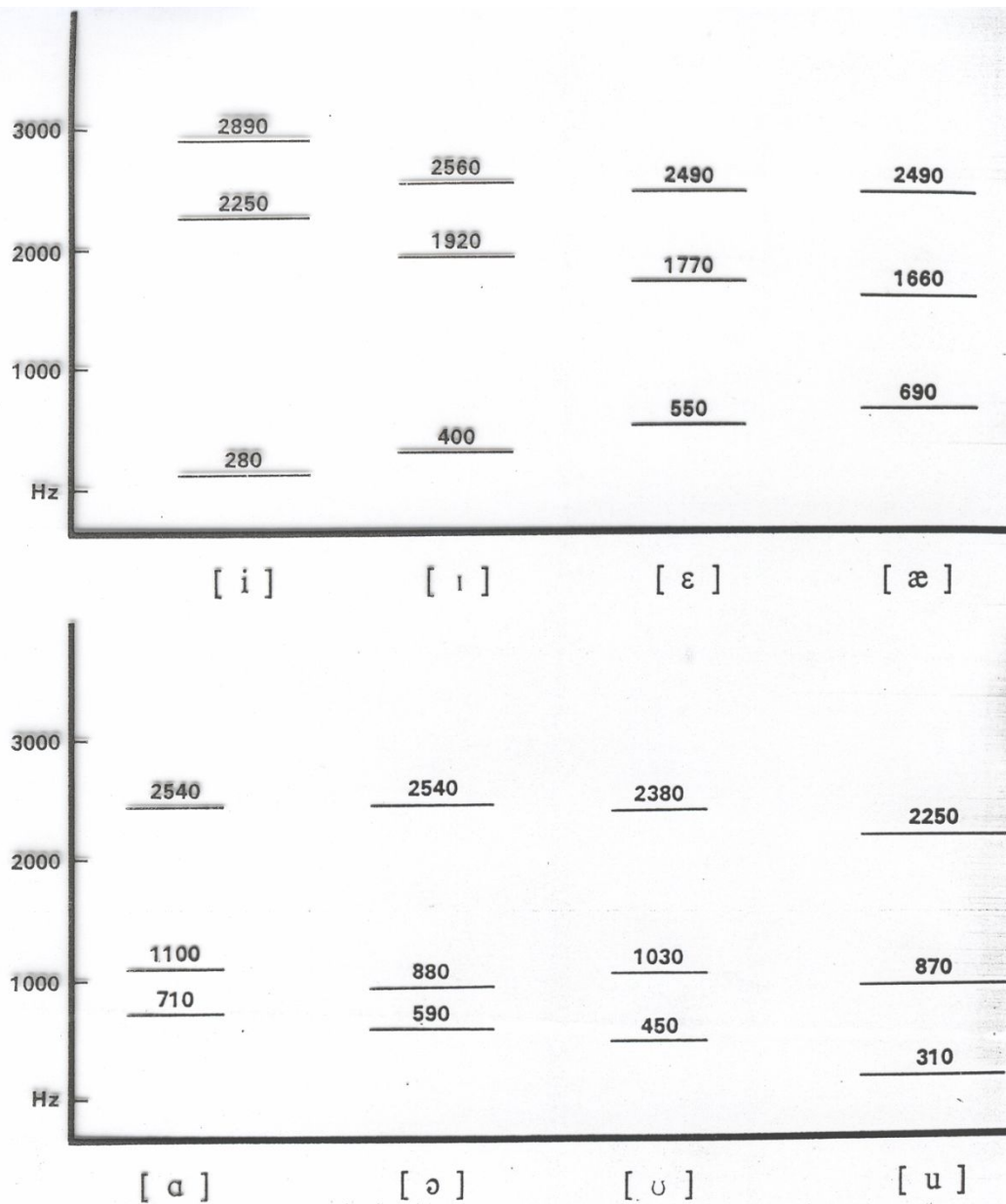
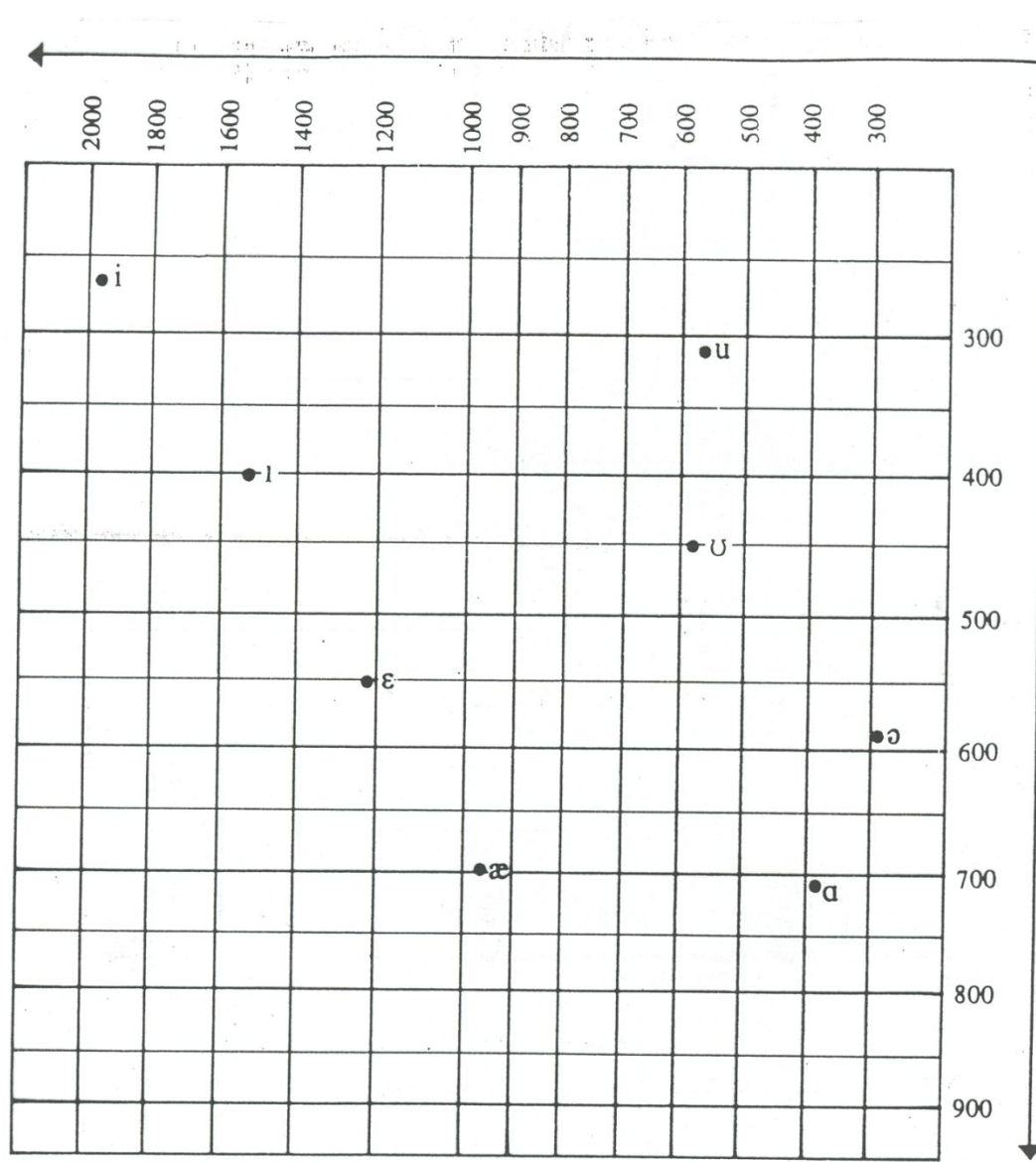


Figure 8.5 The frequencies of the first three formants in eight American English vowels.





**Figure 8.7** A formant chart showing the frequency of the first formant on the ordinate (the vertical axis) plotted against the distance between the frequencies of the first and second formants on the abscissa (the horizontal axis) for eight American English vowels.



# Φωνήεντα

- ▣ **Δίφθογγοι:** μετάβαση στη πορεία των διαμορφωτών
- ▣ **Έρρινα φωνήεντα:** (new resonances and anti-resonances)
  - Πιο ευρύ και επίπεδο  $f_1$
  - Επιπλέον διαμορφωτής πάνω από το  $f_1$  and και παρουσία αντι-διαμορφωτή (antiformant – zero)
- ▣ **Rhoticity:** χαμηλό  $f_3 - f_4$

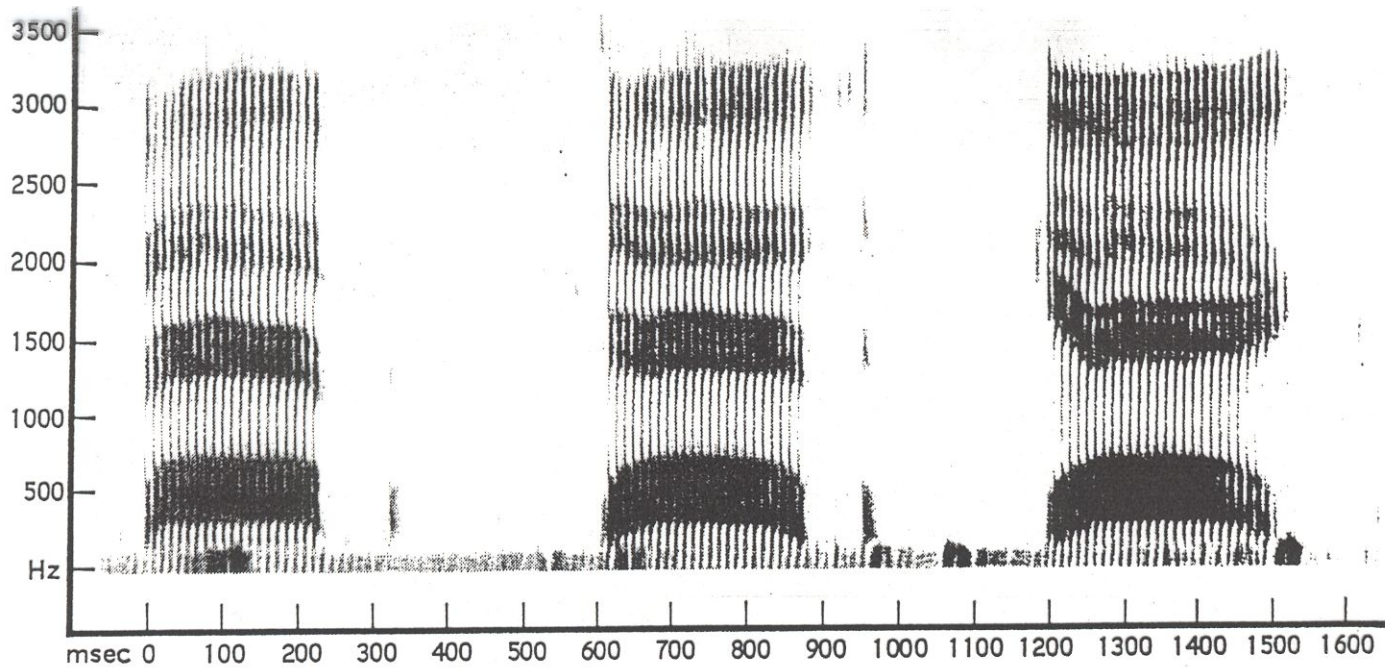
# Σύμφωνα

- ▣ **Έκκροτα:** κενό που ακολουθείται από άφραση/κρότο (burst) στα άηχα ή άμεση έναρξη διαμορφωτών στα ηχηρά
  - **Locus – τόπος:** σημείο έναρξης των διαμορφωτών για κάθε θέση άρθρωσης
  - **Transition- μετάβαση:** αλλαγή στην πορεία των διαμορφωτών ενός φωνήεντος ή αντηχητικού (sonorant) λόγω του γειτονικού συμφώνου
- ▣ **τριβόμενα:** θόρυβος κυρίως σε ψηλές συχνότητες
- ▣ **έρρινα:** ρινικοί διαμορφωτές (nasal formants) στα 250, 2500, 3250
- ▣ **Πλευρικά:** διαμορφωτές στα 250, 1200, 2400
- ▣ **Προσεγγιστικά:** παρόμοια δομή διαμορφωτών με τα φωνήεντα συχνά με αξιοσημείωτη αλλαγή στην πορεία τους

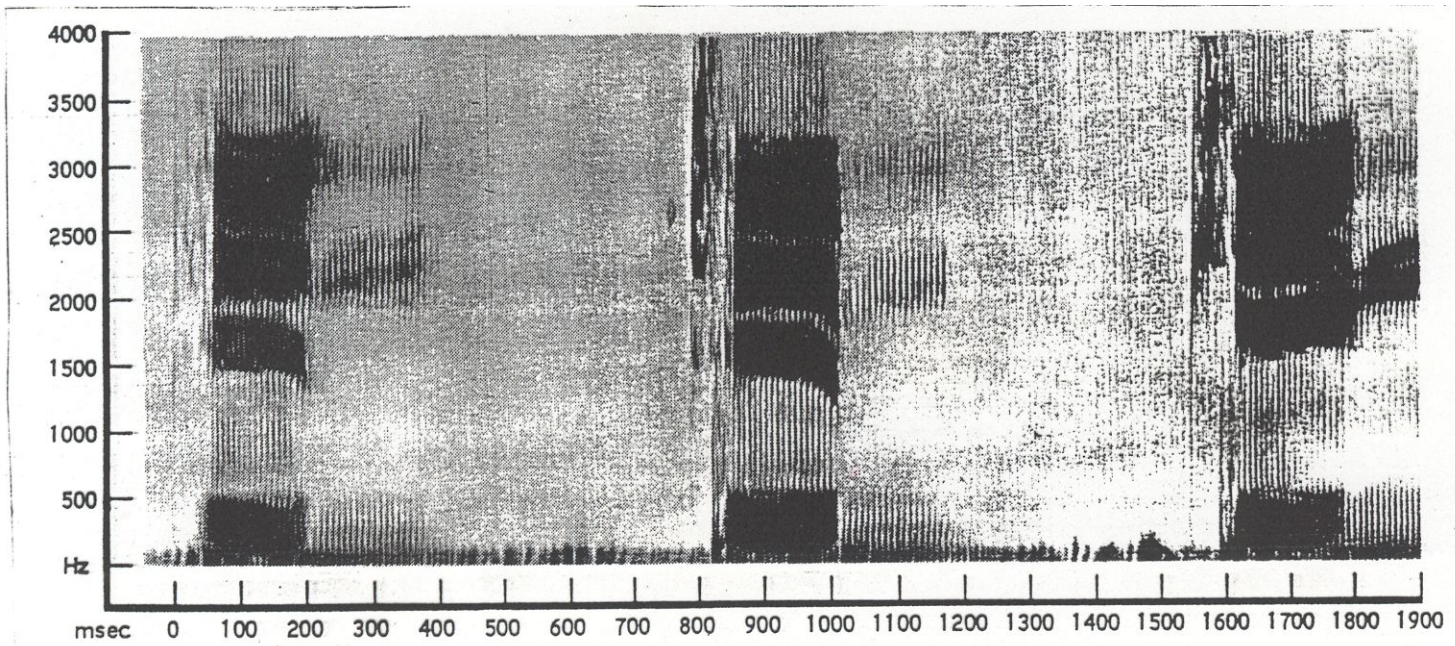


# Σύμφωνα: θέση άρθρωσης και ηχηρότητα

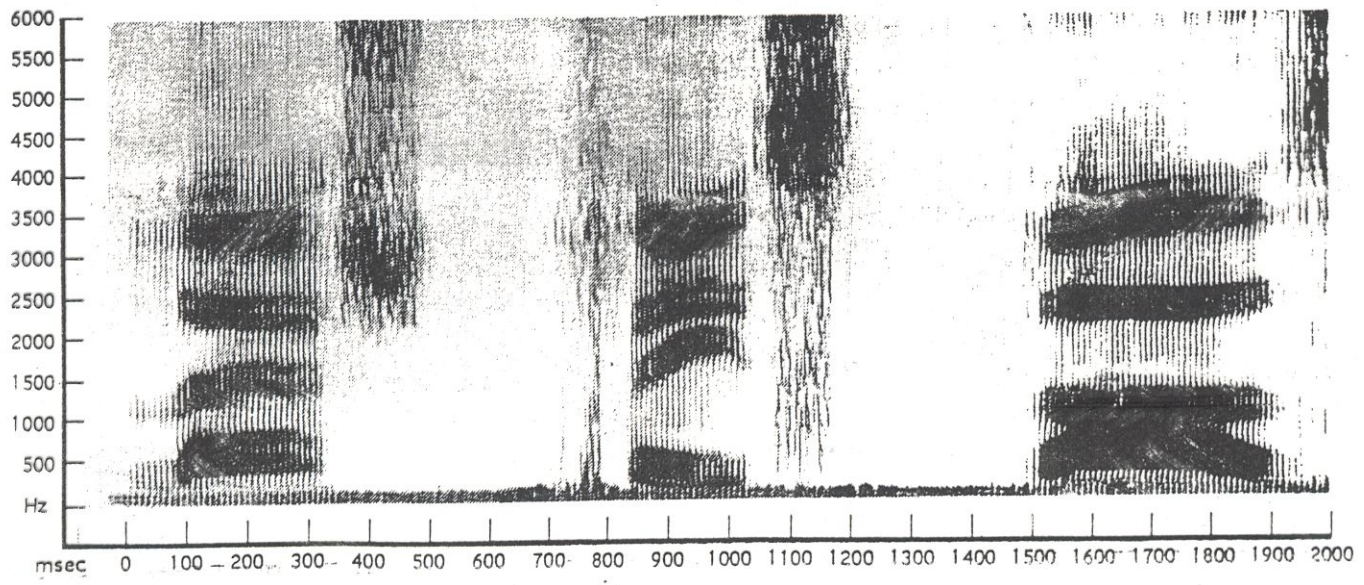
- Έκκροτα:
  - διχειλικά: locus του f2 και f3 σχετικά χαμηλά
  - φατνιακά: locus του f2 στα 1700-1800
  - υπερωικά: υψηλό locus για το f2. Κοινή αρχή των μεταβάσεων (transitions) του f2 και f3
- τριβόμενα:
  - Οι συχνότητες ανεβαίνουν όσο το μέγεθος της στοματικής οδού μειώνεται, δηλ όσο πιο μπροστά είναι η στένωση
  - $h=100, \square=3000, s=4000, \square = 5000, f=400-7000$  Hz
- Ηχηρότητα: κάθετες γραμμώσεις, μπάρα ηχηρότητας



**Figure 8.9** *A spectrogram of the words "bab, dad, gag" (British accent).*



**Figure 8.10** *A spectrogram of "pin, Tim, king" (British accent).*



247 Figure 3.11 A spectrogram of "lash, face, vase" (British accent).